

# PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11)Publication number : 05-013749

(43)Date of publication of application : 22.01.1993

(51)Int.Cl.

H01L 27/15

G02B 6/12

G02B 6/42

H04B 10/02

(21)Application number : 03-158692

(71)Applicant : NIPPON TELEGR & TELEPH CORP  
<NTT>

(22)Date of filing : 28.06.1991

(72)Inventor : MORI HIDEFUMI  
NAKANO YOSHINORI

## (54) OPTICAL CONNECTION CIRCUIT

(57)Abstract:

**PURPOSE:** To make high-reliability wiring which is excellent in its high-speed property and is less influenced by electrical noise, by connecting between elements such as LSI chips arranged spatially separated on a same plane, or between two points inside an LSI chip by optical connection.

**CONSTITUTION:** A pair of a light emitting element 1 and a photoreceiving element 2 are arranged on an LSI board 5 for two LSI chips 3 and 4, and a pair of mirrors 6 and 7 corresponding to the light emitting element 1 and photoreceiving element 2 and meeting at an angle of 45° to the optical axis of each element are fitted to an optical coupling board 8 into a united body.



## LEGAL STATUS

[Date of request for examination] 12.12.1997

[Date of sending the examiner's decision of rejection] 25.04.2000

[Kind of final disposal of application other than the examiner's decision of rejection or application converted registration]

[Date of final disposal for application]

[Patent number]

[Date of registration]

[Number of appeal against examiner's decision of rejection]

[Date of requesting appeal against examiner's decision of rejection]

[Date of extinction of right]

\* NOTICES \*

JPO and NCIPI are not responsible for any damages caused by the use of this translation.

1. This document has been translated by computer. So the translation may not reflect the original precisely.
2. \*\*\*\* shows the word which can not be translated.
3. In the drawings, any words are not translated.

---

CLAIMS

---

[Claim(s)]

[Claim 1] The optical connection circuit characterized by providing at least one pair of mirrors which corresponded to at least one pair of light emitting devices and the photo detector which have been arranged on the chip of said LSI in the optical connection circuit which connects a signal between LSI within LSI, and said light emitting device and photo detector, and have been arranged to the optical axis of each component at the include angle of 45 degrees.

[Claim 2] The optical connection circuit characterized by providing the lens arranged at the optical path between said light emitting devices and photo detectors in claim 1.

[Claim 3] The optical connection circuit characterized by said one pair of mirrors being united, and being arranged in claim 1 at a different substrate from the LSI substrate which accumulated LSI, the light emitting device, and the photo detector.

[Claim 4] The optical connection circuit characterized by existing in said LSI substrate side of the substrate with which said mirror arranges it in claim 3.

[Claim 5] The optical connection circuit characterized by said LSI substrate side of the substrate with which said mirror arranges it of the ingredient of the substrate which exists in an opposite hand and constitutes the mirror being transparent to operating wavelength in claim 3.

[Claim 6] The optical connection circuit characterized by said one pair of mirrors and lens being united, and being arranged in claim 2 at a different substrate from the LSI substrate which accumulated LSI, the light emitting device, and the photo detector.

[Claim 7] The optical connection circuit characterized by the ingredient of the substrate which it exists in said LSI substrate side of the substrate with which said lens arranges it in claim 6, and said mirror exists in the opposite hand, and constitutes the mirror and the lens being transparent to operating wavelength.

[Claim 8] The optical connection circuit characterized by a lens being a Fresnel lens in claim 7.

---

[Translation done.]

\* NOTICES \*

JPO and NCIPi are not responsible for any damages caused by the use of this translation.

1. This document has been translated by computer. So the translation may not reflect the original precisely.
2. \*\*\*\* shows the word which can not be translated.
3. In the drawings, any words are not translated.

---

DETAILED DESCRIPTION

---

[Detailed Description of the Invention]

[0001]

[Industrial Application] This invention relates to the optical connection circuit in the optoelectronic integrated circuit which added the device in which a signal was sent with light to LSI (large-scale integrated circuit) on which the electronic circuitry was accumulated.

[0002]

[Description of the Prior Art] The working speed of the transistor which constitutes LSI is improving in connection with densification, such as a silicon integrated circuit, and detailed-ization progressing. However, by LSI by which a component is arranged two-dimensional, the lap and die length of electric wiring are becoming very long with densification and advanced features.

[0003] Therefore, even if it is going to increase the component in LSI further, it is a difficult situation to carry out electric wiring. Furthermore, when a wire length becomes long, signal delay poses a big problem and the rate of LSI is coming to limit by the die length of wiring rather than a component.

[0004] As an approach of solving the signal delay by this wiring, J.W. Goodman etc. has proposed the concept of the optical connection circuit shown in scholarly journal "proceeding OBU THE IEEE" 1984 year 72 volume 850 pages at drawing 5 (J. W. Goodman et al.). Moreover, F.B. McCormick etc. has proposed the concept of the optical connection circuit shown in 49 pages of the data of international congress phot nick switching at drawing 6 (F. B. McCormick et al.).

[0005] In the optical connection circuit of drawing 5, two or more semiconductor laser 102 is arranged to the periphery of LSI101 of silicon, and the photo detector 105 which formed the data signal 103 by the light which emitted light by these semiconductor laser 102 on the silicon substrate by the hologram 104 is irradiated via an optical path 106,107. On the hologram 104, he writes in the physical relationship of semiconductor laser 102 and a silicon substrate beforehand, and is trying for the optical data signal 103 to be efficiently irradiated by the photo detector 105 via an optical path 106,107.

[0006] If the optical connection circuit of drawing 5 is realized, the degree of freedom of wiring will improve, the rate that electric wiring occupies on the lap of wiring or LSI101 will decrease, and the signal delay by the long wire length will decrease.

[0007] However, since one laser beam is irradiated to the large field of a hologram 104 from the field which has arranged semiconductor laser 102 in order to distribute light to holographic one by drawing 5, the optical system (graphic display abbreviation) which consists of a lens actually is needed, therefore a hologram 104 must be considerably separated from the semi-conductor side of silicon LSI 101, and must be arranged, and there is a fault that an LSI chip becomes large as a whole.

[0008] Next, in the optical connection circuit of drawing 6, to two or more array-like light emitting devices (light emitting device array) 111, the micro lens 112 and the photo detector 113 were made to correspond, more than one have been arranged, and these are combined by one pair of 45-degree mirrors 114,115. 116,117 is an optical path and 118 is a lens.

[0009] However, since the number of mirrors 114,115 is one, and sequence of the array of the light emitting device array 111 cannot be changed, when wiring without changing the array of an array or a

matrix, it is good in the optical connection circuit of drawing 6 , but it cannot be adapted when wiring the location of arbitration two-dimensional like wiring in the chip of LSI, or wiring during a chip.

[0010]

[Problem(s) to be Solved by the Invention] This invention aims at offering the optical connection circuit suitable for optical wiring during the chip in the chip of LSI which canceled the trouble of the conventional technique mentioned above.

[0011]

[Means for Solving the Problem] The configuration of the optical connection circuit which connects a signal between LSI within LSI by this invention is characterize by provide at least one pair of mirrors which corresponded to at least one pair of light emitting devices and the photo detector which have be arrange on the chip of LSI , and said light emitting device and photo detector , and have be arrange to the optical axis of each component at the include angle of 45 degrees .

[0012] In this case, a lens is preferably arranged to the optical path between a light emitting device and a photo detector. Moreover, one pair of mirrors or a lens is arranged to a different substrate from the LSI substrate which accumulated LSI, the light emitting device, and the photo detector on one. and the LSI substrate side of the substrate with which, as for a mirror, it is arranged when there is no lens or its opposite hand -- although you may arrange to any, in the case of an opposite hand, let the ingredient of the substrate which constitutes a mirror be a transparent thing to operating wavelength. When there is a lens, a lens is arranged to the LSI substrate side of the substrate with which it is arranged, arranges a mirror to the opposite hand, and makes transparent the ingredient of the substrate which constitutes these these mirrors and a lens to operating wavelength. Moreover, let a lens be a Fresnel lens.

[0013]

[Function] It wires by the light emitting device and the photo detector, or to arranging one pair of mirrors of 45 degrees, and wiring to two or more light emitting devices and two or more photo detectors, to each combination of a light emitting device and a photo detector, at least one pair of mirrors [ at least one pair of ] of 45 degrees are arranged to holographic one, and it wires it to an optical axis by this invention at a Prior art. A lens raises transmission of the signal of light. If it is made one pair of mirrors or a lens, and one and arranges to the substrate, when it becomes unnecessary to align the lens added to each mirror or these to an LSI substrate and two or more pairs of optical connection is made, it can connect that it is simple and effectively.

[0014]

[Example] Hereafter, the example of this invention is explained based on drawing 1 - drawing 4 .

[0015] The [1st example] Drawing 1 and drawing 2 explain the optical connection circuit aiming at the data transmission between two LSI chips. Drawing 1 shows cross-section structure, arranges the two-dimensional light emitting device 1, a photo detector 2, and two LSI chips 3 and 4 on good LSI5 of heat conduction, connects the output terminal of one LSI chip 3 to the anode terminal of the two-dimensional light emitting device 1, and has connected the output terminal of a photo detector 2 to the input terminal of LSI chip 4 of another side, respectively.

[0016] As a two-dimensional light emitting device 1, micro cavity laser uses an PIN photodiode etc. as a photo detector 2. It constituted from superlattice of 95% of reflection factors 20 layers of cavity length for which micro cavity laser used the superlattice of InGaAs as a barrier layer grew up the superlattice of 99% of reflection factors with which it is the laser of the structure of the operating wavelength  $\lambda$ , and 28 layers of resonators grew up AlAs/GaAs to be the bottom, and AlAs/GaAs to be. In this case, as an example, with structure with a diameter of 20 micrometers, the threshold current was 1mA and oscillation wavelength was 0.98 micrometers. On the other hand, the PIN diode used the InGaAs layer as the absorption layer, the diameter of a light-receiving field was 30 micrometers as an example, and quantum efficiency [ as opposed to light (0.5pF and 0.98 micrometers) in electrostatic capacity ] was 70%. On the LSI substrate 5 of silicon, the hetero-epi technique was used and such the two-dimensional light emitting device 1 and a photo detector 2 were produced.

[0017] Corresponding to these two-dimensional light emitting device 1 and the photo detector 2, one pair of mirrors 6 and 7 are arranged, and optical connection of between both the components 1 and 2 is

made so that it may incline 45 degrees to the optical axis. One pair of mirrors 6 and 7 are made into one, and are formed and arranged to the optical coupling substrate 8. This optical coupling substrate 8 was produced with the polymeric materials which really carried out injection molding. Although methacrylic resin was used as polymeric materials, polysulfone, polystyrene, etc. can be used that what is necessary is just the ingredient out of which dimensional accuracy comes. The LSI substrate 5 side was made into the concave among the optical coupling substrates 8, the reflector of light used as mirrors 6 and 7 was formed, and gold was vapor-deposited in order to enlarge a reflection factor in the reflector of light. Instead of gold, aluminum or the thing which made \*\*\*\*\* the multilayer is sufficient as a vacuum evaporation ingredient.

[0018] As shown in the LSI substrate 5 and the optical coupling substrate 8 at drawing 2 (a) and (b), respectively, the marks 9 and 10 for alignment are formed beforehand. Thereby, between the two-dimensional light emitting device 1, between mirrors 6 and a mirror 7, and the photo detector 2 was able to be efficiently aligned by the alignment of a mark 9 and 10.

[0019] In the example mentioned above, the light from the micro cavity laser used as a two-dimensional light emitting device 1 is received by the PIN diode used for the photo detector 2, after reflecting twice [ a total of ] in one pair of mirrors 6 and 7 of the optical coupling substrate 8. As frequency characteristics of a signal transmission in the meantime, the cut-off frequency of the small signal of 3dB down was 1.5GHz. Moreover, 400Mbit/s has been checked in the data transmission experiment which connected the LSI circuit.

[0020] The [2nd example] Drawing 3 explains the optical connection circuit aiming at the data transmission within an LSI chip. Drawing 3 shows cross-section structure, accumulates the two-dimensional light emitting device 1 and a photo detector 2 at a monolithic on LSI chip 11 which is an LSI substrate, and arranges it. The above-mentioned micro cavity laser was used as a two-dimensional light emitting device 1, and MSM (Metal Semiconductor Metal) using the InGaAs layer as a photo detector 2 was used.

[0021] One pair of mirrors 6 and 7 which make 45 degrees to an optical axis are formed and arranged to operating wavelength at one to LSI chip 11 and opposite hand of the transparent optical coupling substrate 12. This optical coupling substrate 12 produced glass with the coefficient of thermal expansion near it of silicon as an ingredient. In the reflector of light used as mirrors 6 and 7, in order to enlarge the reflection factor of a laser beam, aluminum was vapor-deposited.

[0022] In this example, the micro cavity laser which is the two-dimensional light emitting device 1 emits light with the output of the component in LSI chip 11, that light reflects twice [ a total of ] in one pair of mirrors 6 and 7 of the optical coupling substrate 12, incidence is carried out to the MSM component which is a photo detector 2, and the output of a photo detector 2 inputs into the component in LSI chip 11. Thereby, optical wiring within LSI chip 11 was completed.

[0023] The [3rd example] Drawing 4 explains other optical connection circuits aiming at the data transmission between two LSI chips. The point of having added lenses 13 and 14 differs from arrangement of the mirrors 6 and 7 in the optical coupling substrate 8 to the circuit which showed this optical connection circuit to drawing 1 , and others are the same.

[0024] Drawing 4 shows cross-section structure, arranges the two-dimensional light emitting device 1, a photo detector 2, and two LSI chips 3 and 4 on the good LSI substrate 5 of heat conduction, connects the output terminal of one LSI chip 3 to the anode terminal of the two-dimensional light emitting device 1, and has connected the output terminal of a photo detector 2 to the input terminal of LSI chip 4 of another another side, respectively.

[0025] As a two-dimensional light emitting device 1, an PIN photodiode etc. is used as micro cavity laser and a photo detector 2. It constituted from superlattice of 95% of reflection factors 20 layers of cavity length for which micro cavity laser used the superlattice of InGaAs as a barrier layer grew up the superlattice of 99% of reflection factors with which it is the laser of the structure of the operating wavelength  $\lambda$ , and 28 layers of resonators grew up AlAs/GaAs to be the bottom, and AlAs/GaAs to be. In this case, as an example, with structure with a diameter of 20 micrometers, the threshold current was 1mA and oscillation wavelength was 0.98 micrometers. On the other hand, the PIN diode used the

InGaAs layer as the absorption layer, the diameter of a light-receiving field was 30 micrometers as an example, and quantum efficiency [ as opposed to light (0.5pF and 0.98 micrometers) in electrostatic capacity ] was 70%. On the LSI substrate 5 of silicon, the hetero-epi technique was used and such the two-dimensional light emitting device 1 and a photo detector 2 were produced.

[0026] While arranging one pair of mirrors 6 and 7 corresponding to these two-dimensional light emitting device 1 and a photo detector 2 so that it may incline 45 degrees to the optical axis, lenses 13 and 14 are arranged in an optical path, and optical connection of between both the components 1 and 2 is made. Lenses 13 and 14 and one pair of mirrors 6 and 7 are made into one, and are formed and arranged to the optical coupling substrate 12. This optical coupling substrate 12 was produced with the polymeric materials of transparence on the operating wavelength which really carried out injection molding. Lenses 13 and 14 have been arranged to the LSI substrate 5 side among the optical coupling substrates 12, the reflector of light used as mirrors 6 and 7 was formed in the opposite hand, and gold was vapor-deposited in order to enlarge a reflection factor in the reflector of light. Instead of gold, aluminum or the thing which made \*\*\*\*\* the multilayer is sufficient as a vacuum evaporatio no ingredient. The Fresnel lens was used as lenses 13 and 14.

[0027] The mark for alignment is similarly formed beforehand with having been shown in the LSI substrate 5 and the optical coupling substrate 12 at drawing 2 (a) and (b), respectively. Thereby, it was able to align efficiently.

[0028] In the example mentioned above, the light from the micro cavity laser used as a two-dimensional light emitting device 1 is received by the PIN diode used for the photo detector 2, after becoming a parallel ray with Fresnel lens 13, reflecting twice [ a total of ] in one pair of mirrors 6 and 7 of the optical coupling substrate 12 and being again condensed with Fresnel lens 14. As frequency characteristics of a signal transmission in the meantime, the cut-off frequency of the small signal of 3dB down was 1.5GHz. Moreover, 400Mbit/s has been checked in the data transmission experiment which connected the LSI circuit.

[0029] In the example of above-mentioned drawing 4 , although the Fresnel lens was used as lenses 13 and 14, a micro lens may be used.

[0030] Moreover, although each above-mentioned example has arranged one pair of mirrors 6 and 7 between a light emitting device 1 and a photo detector 2, many mirrors may be arranged rather than this.

[0031]

[Effect of the Invention] Since the optical connection circuit of this invention realizes a transmission line and makes optical connection by arrange at least one pair of mirrors to the optical axis of pair *Perilla frutescens* (L.) Britton var. *crispa* (Thunb.) Decne. about the combination of a light emitting device and a photo detector for between two between [ , such as between LSI chips , ] the components spatially left by the same plane , or in an LSI chip , and form an optical path , it excels in rapidity and the effect of electrical noise can carry out wiring with little high dependability . Moreover, when using a lens in addition to a mirror, effectiveness improves. Furthermore, when also making a lens at one one pair of mirror pans and arranging to a substrate, positioning to an LSI substrate is easy.

---

[Translation done.]

\* NOTICES \*

JPO and NCIPi are not responsible for any damages caused by the use of this translation.

1. This document has been translated by computer. So the translation may not reflect the original precisely.
2. \*\*\*\* shows the word which can not be translated.
3. In the drawings, any words are not translated.

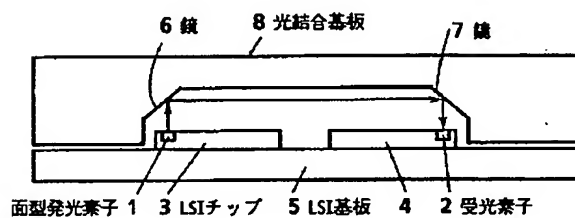
---

DRAWINGS

---

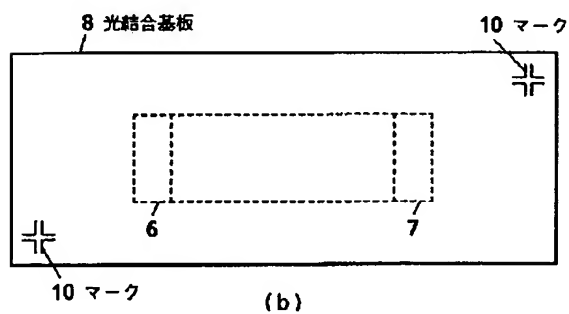
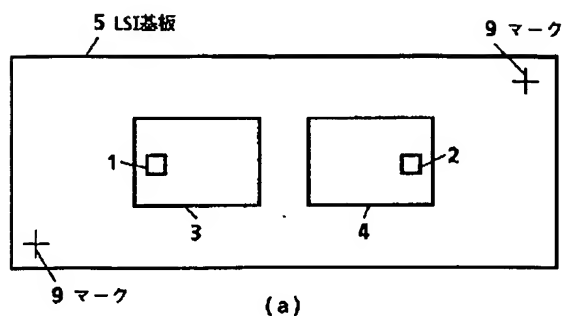
[Drawing 1]

第1実施例



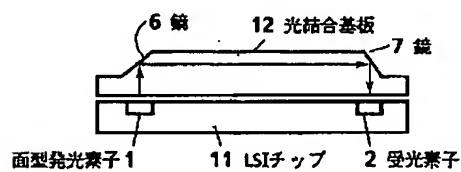
[Drawing 2]

基板どうしの位置合せ



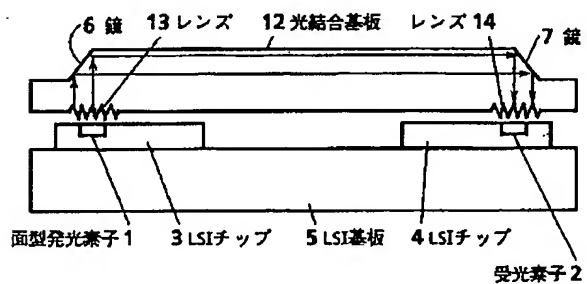
[Drawing 3]

第2実施例



[Drawing 4]

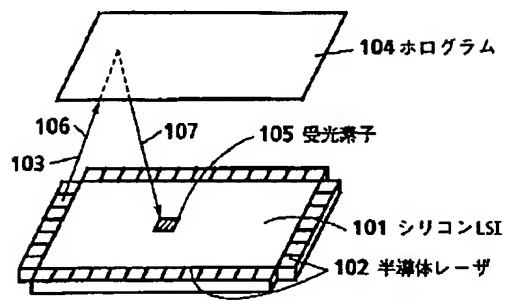
第3実施例



[Drawing 5]

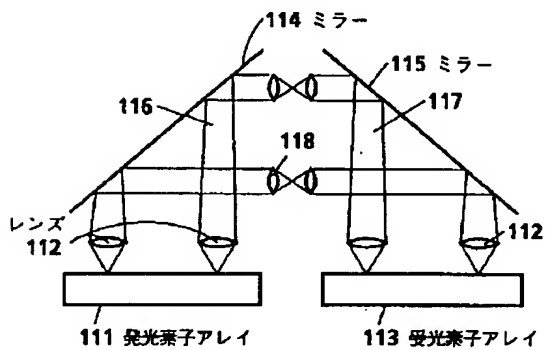


## 従来例



[Drawing 6]

## 他の従来例



[Translation done.]

(19)日本国特許庁(JP)

(12)公開特許公報(A)

(11)特許出願公開番号

特開平5-13749

(43)公開日 平成5年(1993)1月22日

(51)Int.Cl. <sup>5</sup>	識別記号	庁内整理番号	FI	技術表示箇所
H 0 1 L 27/15		8934-4M		
G 0 2 B 6/12	C	7036-2K		
6/42		7132-2K		
H 0 4 B 9/00	W	8426-5K		

審査請求 未請求 請求項の数8(全 6 頁)

(21)出願番号 特願平3-158692  
(22)出願日 平成3年(1991)6月28日

(71)出願人 00004226  
日本電信電話株式会社  
東京都千代田区内幸町一丁目1番6号  
(72)発明者 森 英史  
東京都千代田区内幸町一丁目1番6号 日  
本電信電話株式会社内  
(72)発明者 中野 好典  
東京都千代田区内幸町一丁目1番6号 日  
本電信電話株式会社内  
(74)代理人 弁理士 光石 俊郎

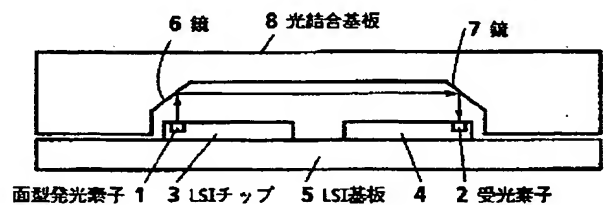
(54)【発明の名称】 光接続回路

(57)【要約】

【目的】 LSIチップ間など同一平面状で空間的に離れた素子間、あるいはLSIチップ内の2点間を対象にして、光接続により、高速性に優れ、電気雑音の影響が少ない信頼性の高い配線をすること。

【構成】 2つのLSIチップ3、4のLSI基板5上に1対の発光素子1及び受光素子2を配置し、発光素子1及び受光素子2に対応し各素子の光軸に対して45度の角度をなす1対の鏡6、7を一体に光結合基板8に配置する。

第1実施例



(2)

1

## 【特許請求の範囲】

【請求項1】 L S I内またはL S I間で信号を接続する光接続回路において、前記L S Iのチップ上に配置した少なくとも1対の発光素子及び受光素子と、前記発光素子及び受光素子に対応し各素子の光軸に対して45度の角度に配置された少なくとも1対の鏡とを具備することを特徴とする光接続回路。

【請求項2】 請求項1において、前記発光素子と受光素子間の光路に配置されたレンズを具備することを特徴とする光接続回路。

【請求項3】 請求項1において、前記1対の鏡が一体となって、L S Iと発光素子及び受光素子を集積したL S I基板とは異なる基板に配置されていることを特徴とする光接続回路。

【請求項4】 請求項3において、前記鏡がそれを配置してある基板の、前記L S I基板側に存在することを特徴とする光接続回路。

【請求項5】 請求項3において、前記鏡がそれを配置してある基板の、前記L S I基板側とは反対側に存在し、且つ鏡を構成している基板の材料が使用波長に対して透明であることを特徴とする光接続回路。

【請求項6】 請求項2において、前記1対の鏡とレンズが一体となって、L S Iと発光素子及び受光素子を集積したL S I基板とは異なる基板に配置されていることを特徴とする光接続回路。

【請求項7】 請求項6において、前記レンズがそれを配置してある基板の、前記L S I基板側に存在し、その反対側に前記鏡が存在し、且つ鏡とレンズを構成している基板の材料が使用波長に対して透明であることを特徴とする光接続回路。

【請求項8】 請求項7において、レンズがフレネルレンズであることを特徴とする光接続回路。

## 【発明の詳細な説明】

## 【0001】

【産業上の利用分野】本発明は、電子回路が集積されたL S I（大規模集積回路）に光で信号を送る機構を付加した光電子集積回路における、光接続回路に関する。

## 【0002】

【従来の技術】シリコン集積回路等の高密度化、微細化が進むのに伴い、L S Iを構成するトランジスタの動作速度が向上している。しかし、2次元的に素子が配列されるL S Iでは、高密度化、高機能化に伴い、電気配線の重なりや長さが非常に長くなりつつある。

【0003】そのため、L S I中の素子を更に増加しようとしても、電気配線を行うことが難しい状況になっている。更に、配線長が長くなると、信号遅延が大きな問題となり、L S Iの速度が素子よりも配線の長さで限定されるようになりつつある。

【0004】この配線による信号遅延を解決する方法として、J. W. グッドマン等（J. W. Goodman et al.）が

2

学術雑誌「プロシーディング・オブ・ザ・アイ・イー・イー・イー」1984年72巻の850ページに、図5に示す光接続回路の概念を提案している。また、F. B. マコーミック等（F. B. McCormick et al.）が国際会議ホトニックススイッチングの資料の49ページに、図6に示す光接続回路の概念を提案している。

【0005】図5の光接続回路では、シリコンのL S I 101の周辺部に複数の半導体レーザ102を配置し、これらの半導体レーザ102で発光した光によるデータ信号103を、ホログラム104により、シリコン基板上に形成した受光素子105に光路106、107を経由して照射する。ホログラム104上には、予め半導体レーザ102とシリコン基板との位置関係を書込んでおき、光データ信号103が効率良く光路106、107を経由して受光素子105に照射するようにされている。

【0006】図5の光接続回路が実現すれば、配線の自由度が向上し、配線の重なりやL S I 101上で電気配線の占める割合が低減し、長い配線長による信号遅延が低減する。

【0007】しかし、図5でホログラフィックに光を分配するには、半導体レーザ102を配置した面からホログラム104の広い領域に1つのレーザ光を照射するため、実際にはレンズからなる光学系（図示省略）が必要となり、そのためにホログラム104をシリコンL S I 101の半導体面からかなり離して配置しなければならず、L S Iチップが全体として大きくなるという欠点がある。

【0008】次に、図6の光接続回路では、アレイ状の複数の発光素子（発光素子アレイ）111に対し、マイクロレンズ112と受光素子113とを対応させて複数配置し、これらを1対の45度ミラー114、115により結合している。116、117は光路、118はレンズである。

【0009】しかし図6の光接続回路では、ミラー114、115が1組であるため、発光素子アレイ111の配列の順番を変更できないので、アレイまたはマトリックスの配列を変えずに配線する場合は良いが、L S Iのチップ内の配線またはチップ間の配線のように2次元的に任意の場所に配線をする場合は適応できない。

## 【0010】

【発明が解決しようとする課題】本発明は上述した従来技術の問題点を解消した、L S Iのチップ内、チップ間の光配線に適した光接続回路を提供することを目的とする。

## 【0011】

【課題を解決するための手段】本発明によるL S I内またはL S I間で信号を接続する光接続回路の構成は、L S Iのチップ上に配置した少なくとも1対の発光素子及び受光素子と、前記発光素子及び受光素子に対応し各素

(3)

3

子の光軸に対して45度の角度に配置された少なくとも1対の鏡とを具備することを特徴とするものである。

【0012】この場合、好ましくは、発光素子と受光素子間の光路にレンズを配置する。また、1対の鏡またはレンズを一体に、LSIと発光素子及び受光素子を集積したLSI基板とは異なる基板に配置する。そして、レンズが無い場合は、鏡はそれが配置される基板のLSI基板側またはその反対側いずれに配置しても良いが、反対側の場合には鏡を構成する基板の材料を使用波長に対して透明なものとする。レンズが有る場合は、レンズはそれが配置される基板のLSI基板側に配置し、その反対側に鏡を配置し、これら鏡とレンズを構成する基板の材料を使用波長に対して透明なものとする。また、レンズはフレネルレンズとする。

【0013】

【作用】従来の技術ではホログラフィックに発光素子と受光素子で配線したり、複数の発光素子と複数の受光素子に対して1対の45度の鏡を配置して配線するのに対し、本発明では発光素子と受光素子の個々の組合せに対して、光軸に対して少なくとも1対の少なくとも1対の45度の鏡を配置して配線する。レンズは光の信号の伝送を向上させる。1対の鏡またはレンズと一体にして基板に配置しておく、各々の鏡またはこれらに付加されるレンズをLSI基板に対し位置合せする必要がなくなり、例えば、複数対の光接続をするときに簡便に且つ効果的に接続することができる。

【0014】

【実施例】以下、本発明の実施例を図1～図4に基づいて説明する。

【0015】〔第1実施例〕2個のLSIチップ間でのデータ伝送を目的とした光接続回路を、図1、図2により説明する。図1は断面構造を示し、面型発光素子1、受光素子2及び2個のLSIチップ3、4を熱伝導の良いLSI5上に配置し、一方のLSIチップ3の出力端子を面型発光素子1のアノード端子に接続し、他方のLSIチップ4の入力端子には受光素子2の出力端子をそれぞれ接続してある。

【0016】面型発光素子1としてはマイクロキャビティレーザが、受光素子2としてはPINフォトダイオード等を使用する。マイクロキャビティレーザは活性層としてInGaAsの超格子を用いた共振器長が使用波長の構造のレーザであり、共振器は下側にAlAs/GaAsを28層成長した反射率99%の超格子と、AlAs/GaAsを20層成長した反射率95%の超格子とで構成した。この場合、一例として直径20 $\mu$ mの構造で、しきい値電流は1mA、発振波長は0.98 $\mu$ mであった。一方PINダイオードはInGaAs層を吸収層としたものであり、一例として受光領域の直径は30 $\mu$ mであり、静電容量は0.5pF、0.98 $\mu$ mの光に対する量子効率は70%であった。このような面型

4

発光素子1と受光素子2を、シリコンのLSI基板5上にヘテロエピ技術を用いて作製した。

【0017】これら面型発光素子1と受光素子2に対応して、その光軸に対して45度傾くように、1対の鏡6、7を配置し、両素子1、2間を光接続してある。1対の鏡6、7は一体にして光結合基板8に形成して配置してある。この光結合基板8は一体射出成型した高分子材料で作製した。高分子材料としてはメタクリル樹脂を用いたが、寸法精度が出る材料であれば良くポリスルホン、ポリスチレン等を使用することができる。光結合基板8のうちLSI基板5側を凹状にして、鏡6、7となる光の反射面を形成し、光の反射面には反射率を大きくするため金を蒸着した。金の代りに、蒸着材料はアルミニウム、あるいは透電体を多層にしたものでも良い。

【0018】LSI基板5と光結合基板8とはそれぞれ図2(a)、(b)に示すように予め位置合せ用マーク9、10を形成してある。これによりマーク9、10どうしの位置合わせにより、面型発光素子1と鏡6間、鏡7と受光素子2間を効率的に位置合せすることができた。

【0019】上述した実施例では、面型発光素子1として用いたマイクロキャビティレーザからの光は、光結合基板8の1対の鏡6、7により計2回反射したのち、受光素子2に用いたPINダイオードで受光される。この間の信号伝送の周波数特性としては、3dBダウンの小信号の遮断周波数が1.5GHzであった。また、LSI回路を接続したデータ伝送実験では、400Mbit/sを確認できた。

【0020】〔第2実施例〕LSIチップ内でのデータ伝送を目的とした光接続回路を図3により説明する。図3は断面構造を示し、面型発光素子1と受光素子2とをLSI基板であるLSIチップ11上にモノリシックに集積して配置してある。面型発光素子1としては前述のマイクロキャビティレーザを使用し、受光素子2としてInGaAs層を用いたMSM(Metal Semiconductor Metal)を使用した。

【0021】光軸に対し45度をなす1対の鏡6、7は使用波長に対して透明な光結合基板12のLSIチップ11と反対側に一体に形成して配置してある。この光結合基板12は熱膨張係数がシリコンのそれに近いガラスを材料として作製した。鏡6、7となる光の反射面には、レーザ光の反射率を大きくするためアルミニウムを蒸着した。

【0022】この実施例では、LSIチップ11内の素子の出力で面型発光素子1であるマイクロキャビティレーザが発光し、その光が光結合基板12の1対の鏡6、7で計2回反射して受光素子2であるMSM素子に入射し、受光素子2の出力がLSIチップ11内の素子に入力する。これにより、LSIチップ11内での光配線ができた。

(4)

5

【0023】〔第3実施例〕 2個のLSIチップ間でのデータ伝送を目的とした他の光接続回路を図4により説明する。この光接続回路は図1に示した回路に対し、レンズ13, 14を追加した点と、光結合基板8における鏡6, 7の配置とが異なり、他は同じである。

【0024】図4は断面構造を示し、面型発光素子1、受光素子2及び2個のLSIチップ3, 4を熱伝導の良いLSI基板5上に配置し、一方のLSIチップ3の出力端子を面型発光素子1のアノード端子に接続し、他方のLSIチップ4の入力端子には受光素子2の出力端子をそれぞれ接続してある。

【0025】面型発光素子1としてはマイクロキャビティレーザ、受光素子2としてはPINフォトダイオード等を使用する。マイクロキャビティレーザは活性層としてInGaAsの超格子を用いた共振器長が使用波長 $\lambda$ の構造のレーザであり、共振器は下側にAlAs/GaAsを28層成長した反射率99%の超格子と、AlAs/GaAsを20層成長した反射率95%の超格子とで構成した。この場合、一例として直径20 $\mu$ mの構造で、しきい値電流は1mA、発振波長は0.98 $\mu$ mであった。一方PINダイオードはInGaAs層を吸収層としたものであり、一例として受光領域の直径は30 $\mu$ mであり、静電容量は0.5pF、0.98 $\mu$ mの光に対する量子効率は70%であった。このような面型発光素子1と受光素子2を、シリコンのLSI基板5上にヘテロエピ技術を用いて作製した。

【0026】これら面型発光素子1と受光素子2に対応して、その光軸に対して45度傾くように、1対の鏡6, 7を配置すると共に、光路中にレンズ13, 14を配置し、両素子1, 2間を光接続してある。レンズ13, 14と1対の鏡6, 7は一体にして光結合基板12に形成して配置してある。この光結合基板12は一体射出成型した使用波長で透明の高分子材料で作製した。光結合基板12のうちLSI基板5側にレンズ13, 14を配置し、その反対側に鏡6, 7となる光の反射面を形成し、光の反射面には反射率を大きくするため金を蒸着した。金の代りに、蒸着材料はアルミニウム、あるいは透電体を多層にしたものでも良い。レンズ13, 14としてはフレネルレンズを使用した。

【0027】LSI基板5と光結合基板12とにはそれぞれ図2(a), (b)に示したと同様に予め位置合せ用マークを形成してある。これにより効率的に位置合せすることができた。

6

【0028】上述した実施例では、面型発光素子1として用いたマイクロキャビティレーザからの光は、フレネルレンズ13で平行光線になり光結合基板12の1対の鏡6, 7により計2回反射したのち、再びフレネルレンズ14で集光されてから、受光素子2に用いたPINダイオードで受光される。この間の信号伝送の周波数特性としては、3dBダウンの小信号の遮断周波数が1.5GHzであった。また、LSI回路を接続したデータ伝送実験では、400Mbit/sを確認できた。

【0029】上述の図4の実施例では、レンズ13, 14としてフレネルレンズを使用した、マイクロレンズを使用しても良い。

【0030】また、上記各実施例とも発光素子1と受光素子2間に1対の鏡6, 7を配置したが、これよりも多くの鏡を配置しても良い。

#### 【003.1】

【発明の効果】本発明の光接続回路は、LSIチップ間など同一平面状で空間的に離れた素子間、あるいはLSIチップ内の2点間を対象にして、発光素子と受光素子の組合せに対しその光軸に対して少なくとも1対の鏡を配置して光経路を形成することにより伝送路を実現して光接続をするので、高速性に優れ、電気雑音の影響が少ない信頼性の高い配線をすることができる。また、鏡に加えてレンズを使用する場合は、効率が向上する。更に、1対の鏡さらにはレンズも一体にして基板に配置する場合は、LSI基板に対する位置決めが容易である。

#### 【図面の簡単な説明】

【図1】本発明の第1実施例の断面構造を示す図。

【図2】基板間の位置合せ用マークを示す図。

【図3】本発明の第2実施例の断面構造を示す図。

【図4】本発明の第3実施例の断面構造を示す図。

【図5】従来技術を示す図。

【図6】他の従来技術を示す図。

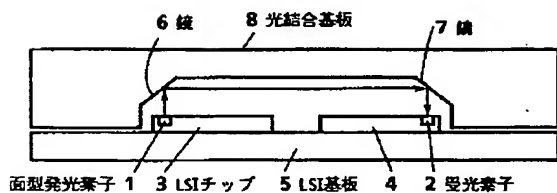
#### 【符号の説明】

- 1 面型発光素子
- 2 受光素子
- 3, 4 LSIチップ
- 5 LSI基板
- 6, 7 鏡
- 8, 12 光結合基板
- 9, 10 位置合せ用マーク
- 11 LSI基板 (LSIチップ)
- 13, 14 レンズ

(5)

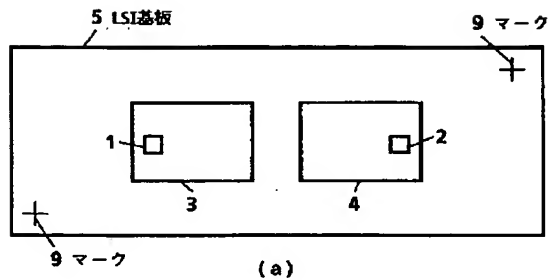
【図1】

第1実施例



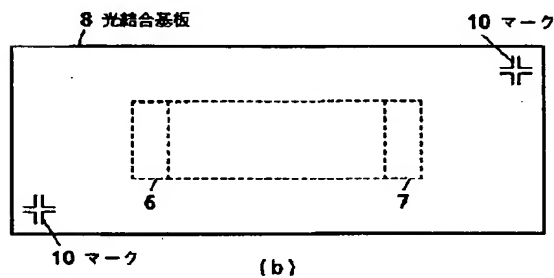
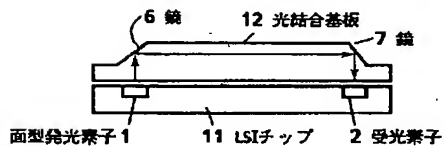
【図2】

基板どうしの位置合せ



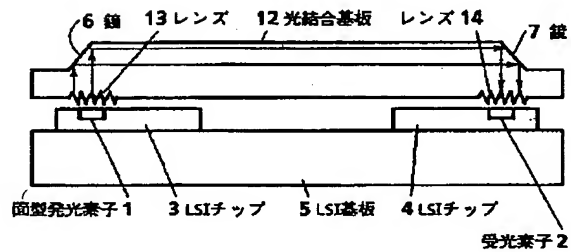
【図3】

第2実施例



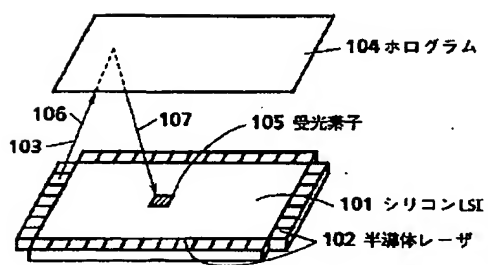
【図4】

第3実施例



【図5】

従来例



(6)

【図6】

他の従来例

